

21世纪高等学校精品规划教材

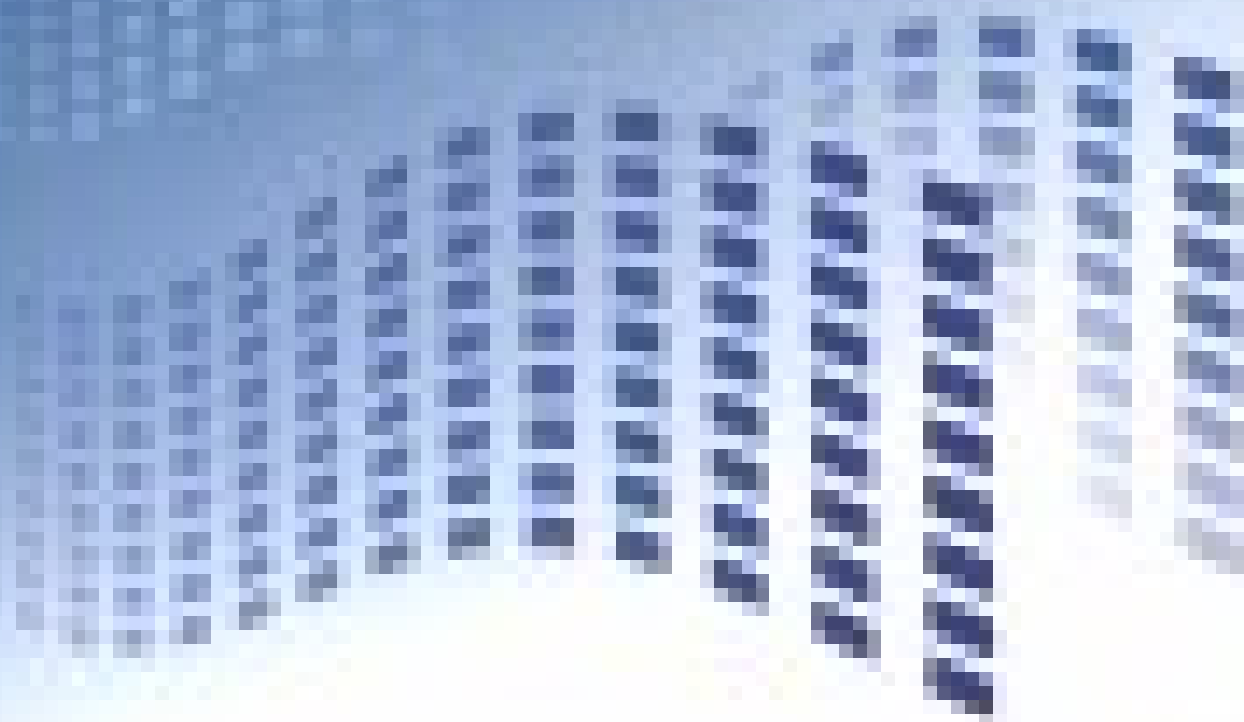
# 实用电子技术

(数字部分)

■ 主 编 雷建龙  
■ 副主编 李汉玲 郑 欢  
■ 主 审 王明洋

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

中国劳动社会保障出版社



# 实用电子技术

（第2版）

主 编	王 强
副 编	李 明 张 华
参 编	刘 伟 陈 刚

中国劳动社会保障出版社  
北京

21 世纪高等学校精品规划教材

# 实用电子技术

## (数字部分)

主 编 雷建龙  
副主编 李汉玲 郑 欢  
主 审 王明洋

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书依据新的高等教育理论,围绕4个“教、学、做一体化”的项目(3人表决器的设计与制作、一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作、数字电子钟的设计与制作、A/D转换器的设计与制作)展开,引导学习者通过4个项目的实践性的学习,逐步掌握现代数字电子技术的思想方法与基本内容。在重点提高数字电子技术的基本技能的同时掌握必要的数字电子技术的知识。

本书可作为应用型本科院校、高等职业技术学院、中等职业技术学校、技工学校的电子类、机械类专业学生及希望掌握数字电子技术的相关工程技术人员的教材或学习参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

实用电子技术. 数字部分/雷建龙主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009.7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2334 - 8

I. 实… II. 雷… III. 电子技术 - 高等学校: 技术学校 - 教材  
IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第097131号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787毫米×960毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 315千字

版 次 / 2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷

印 数 / 1~1000册

定 价 / 30.00元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 前 言

## 1. 本书的特点

依据新的高等教育理论编写全书。本书的结构与传统的知识体系不同，以行动体系解构和重构了数字电子技术的体系结构，以4个项目（3人表决器的设计与制作、一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作、数字电子钟的设计与制作、A/D转换器的设计与制作）为导向，以这4个项目中的实际电子产品为载体，通过任务驱动的方式组织教材。每一项目都要求完成一个实际的产品或功能部件，为完成这一项目，又分为若干任务，每一任务的技能目标和知识目标，都有明确的要求。每一任务按照技能目标→知识目标→实践活动→知识链接→仿真演练的结构组织。在实践活动中提出要求完成的具体任务，并进行了提示，使学习者先明确任务，而不是被动地接受抽象的知识或理论。为完成每一任务，就要学习紧接着的知识链接，一边做，一边学，在做中学，在学中做。为了更好地完成每一任务，还提供了现代电子设计常用的仿真手段，通过电子仿真扩展了学习的空间。电子仿真在本书中大量运用，也是本书的一大特色。

## 2. 本书的结构和内容

本书由4个项目组成，其中第四个项目可根据实际需要取舍。

第一个项目“3人表决器的设计与制作”，通过设计一个3人表决器，掌握数字逻辑与门电路的相关知识，初步掌握组合逻辑电路的设计方法。通过制作提高具体门电路集成器件的选择与使用技能。

第二个项目“一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作”，通过设计一个十进制加法器，掌握编码器、译码器、LED显示器、加法器等数字电路常用组合逻辑功能部件的相关知识，掌握使用集成电路设计数字电路的方法。通过制作提高中规模集成电路的选择与运用能力。

第三个项目“数字电子钟的设计与制作”，通过设计一个能显示时、分、秒的数字电子钟，掌握数字信号产生电路、触发器、计数器的相关知识，深化门电路的知识及运用能力。通过这一综合性较强的训练提高时序逻辑电路的设计能力，提高数字电子产品的制作、检测、调试能力。通过这一项目中的技术文档及产品使用、说明书的编写任务及产品展示活动提高实际工作岗位的适应能力。

第四个项目“A/D转换器的设计与制作”，通过设计仿真A/D转换器，掌握数、模量的互相转换相关知识，为学习单片机技术、检测技术等打好基础。



### 3. 教学建议

建议在教学中先给学生布置具体明确的实践性工作任务，再围绕任务的完成展开相关知识的学习，最后应对任务的完成进行检查与小结，统筹各方面的知识与技能。本教材的参考学时为78学时。

本书第一、四两个项目由李汉玲编写，第二个项目由郑欢编写，第三个项目由雷建龙编写。李汉玲还编写了全部仿真演练部分的内容及常用数字电子技术的中英文对照内容，郑欢还编写了附录1“FPGA与硬件描述语言”部分的内容。全书由雷建龙策划并任主编，李汉玲、郑欢任副主编。王明洋主审。

由于本书涉及的内容较多，尽管对本书中的内容一再推敲与检查，仍有可能出现错误和纰漏，希望广大读者批评指正。

编者

# 目 录

项目一 3人表决器的设计与制作 .....	(1)
任务一 数字逻辑认识 .....	(1)
技能目标 .....	(1)
知识目标 .....	(1)
实践活动 .....	(1)
知识链接1: 模拟信号与数字信号 .....	(3)
知识链接2: 模拟电路与数字电路 .....	(4)
知识链接3: 数制及其相互转换 .....	(5)
知识链接4: 二进制码 .....	(7)
任务二 表示与使用逻辑 .....	(9)
技能目标 .....	(9)
知识目标 .....	(9)
实践活动 .....	(9)
知识链接1: 逻辑门的知识与使用 .....	(14)
知识链接2: 逻辑代数的表示 .....	(15)
知识链接3: 逻辑函数的表示 .....	(17)
知识链接4: 逻辑函数的化简 .....	(19)
任务三 3人表决器的设计及制作 .....	(21)
技能目标 .....	(21)
知识目标 .....	(21)
实践活动 .....	(21)
知识链接1: 组合逻辑电路的一般设计方法 .....	(21)
知识链接2: 组合逻辑电路的分析方法 .....	(28)
仿真演练 3人表决器的仿真 .....	(29)
技能目标 .....	(29)
知识目标 .....	(29)
实践活动 .....	(29)
实践内容 .....	(29)
知识链接1: 逻辑转换仪的使用 .....	(31)



知识链接 2: 子电路的生成 .....	(33)
思考与练习 .....	(35)
<b>项目二 一位十进制加法计算器的逻辑电路设计与制作 .....</b>	<b>(37)</b>
<b>任务一 BCD 编码器的逻辑电路设计与制作 .....</b>	<b>(37)</b>
技能目标 .....	(37)
知识目标 .....	(37)
实践活动 .....	(37)
知识链接: 编码器的基本知识 .....	(38)
<b>任务二 译码器的逻辑电路设计与制作 .....</b>	<b>(40)</b>
技能目标 .....	(40)
知识目标 .....	(40)
实践活动 .....	(41)
知识链接 1: 译码器的基本知识 .....	(41)
知识链接 2: LED 数码管及其驱动电路 .....	(44)
知识链接 3: 集成 LED 译码器 .....	(45)
<b>任务三 一位十进制加法器的逻辑电路的设计和制作 .....</b>	<b>(49)</b>
技能目标 .....	(49)
知识目标 .....	(49)
实践活动 .....	(49)
知识链接 1: 半加器与全加器的基本知识 .....	(50)
知识链接 2: 数据选择器、数据分配器及数值比较器 .....	(52)
<b>仿真演练一 七段数码管显示电路 .....</b>	<b>(54)</b>
技能目标 .....	(54)
知识目标 .....	(54)
实践活动 .....	(55)
知识链接: 字信号发生器 .....	(57)
实训及思考题 .....	(60)
<b>仿真演练二 全加器 .....</b>	<b>(62)</b>
技能目标 .....	(62)
知识目标 .....	(62)
实践活动 .....	(62)
实训及思考题 .....	(68)
思考与练习 .....	(70)





项目三 数字电子钟的设计与制作 .....	(72)
任务一 555 振荡器的制作与测试 .....	(72)
技能目标 .....	(72)
知识目标 .....	(72)
实践活动 .....	(72)
知识链接 1: 555 定时器简介 .....	(73)
知识链接 2: 分频电路的组成与工作原理 .....	(76)
任务二 由 CD4060 构成秒信号产生电路的制作与调试 .....	(77)
技能目标 .....	(77)
知识目标 .....	(77)
实践活动 .....	(77)
知识链接: CD4060 的组成 .....	(77)
任务三 校时电路的设计与制作 .....	(79)
技能目标 .....	(79)
知识目标 .....	(80)
实践活动 .....	(80)
知识链接 1: RS 触发器 .....	(80)
知识链接 2: 常用触发器 .....	(84)
任务四 秒信号电路的制作与调试 .....	(89)
技能目标 .....	(89)
知识目标 .....	(89)
实践活动 .....	(89)
知识链接 1: 同步计数器 .....	(90)
知识链接 2: 集成计数器 CD390 .....	(105)
任务五 分信号、小时信号产生电路的设计与制作 .....	(106)
技能目标 .....	(106)
知识目标 .....	(106)
实践活动 .....	(106)
知识链接 1: 时序逻辑设计的基本方法 .....	(107)
知识链接 2: 时序逻辑分析的基本方法 .....	(110)
任务六 数字电子钟的整机联调 .....	(113)
技能目标 .....	(113)
知识目标 .....	(113)
实践活动 .....	(113)



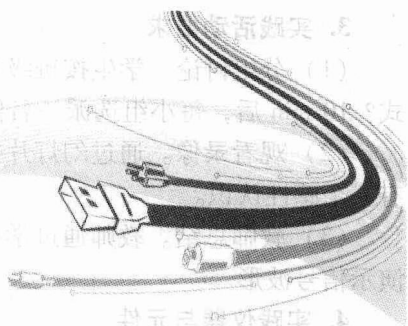
知识链接：电路故障的判断及排除方法 .....	(114)
任务七 数字电子钟的 PCB 设计与制作 .....	(119)
技能目标 .....	(119)
知识目标 .....	(119)
实践活动 .....	(119)
知识链接 1：电子电路板的设计方法 .....	(120)
知识链接 2：Protel 软件的使用方法 .....	(126)
任务八 电子设计文档与展示活动 .....	(129)
技能目标 .....	(129)
知识目标 .....	(130)
实践活动 .....	(130)
知识链接 1：产品说明书及技术文档的编写与管理 .....	(130)
知识链接 2：产品展示的设计与组织 .....	(139)
仿真演练一 计数器 .....	(141)
技能目标 .....	(141)
知识目标 .....	(141)
实践活动 .....	(141)
知识链接：逻辑分析仪的使用方法 .....	(146)
实训及思考题 .....	(149)
仿真演练二 数字时钟 .....	(150)
技能目标 .....	(150)
知识目标 .....	(151)
实践活动 .....	(151)
仿真演练三 汽车尾灯控制电路 .....	(156)
技能目标 .....	(156)
知识目标 .....	(156)
实践活动 .....	(157)
思考与练习 .....	(165)
项目四 D/A 与 A/D 转换器的设计与制作 .....	(169)
任务一 D/A 转换器设计与制作 .....	(169)
技能目标 .....	(169)
知识目标 .....	(169)
实践活动 .....	(169)



知识链接: D/A 转换器的工作原理 .....	(171)
任务二 A/D 转换器的设计与制作 .....	(178)
技能目标 .....	(178)
知识目标 .....	(178)
实践活动 .....	(179)
知识链接 1: A/D 转换器的工作原理 .....	(181)
知识链接 2: 集成 A/D 转换器及其应用 .....	(191)
仿真演练 A/D、D/A 转换器仿真电路 .....	(193)
技能目标 .....	(193)
知识目标 .....	(193)
实践活动 .....	(193)
知识链接 1: 双踪示波器 .....	(200)
知识链接 2: 字信号发生器 .....	(202)
思考与练习 .....	(206)
附录 1 FPGA 与硬件描述语言 .....	(207)
一、FPGA 的基本知识 .....	(207)
二、硬件技术语言 .....	(208)
三、Quartus II 的使用 .....	(209)
四、实验箱的使用 .....	(211)
五、实验项目及数字电子钟实验 .....	(212)
六、数字电子钟参考代码 .....	(214)
附录 2 电子技术常用词语英汉对照 .....	(218)
思考与练习参考答案 .....	(230)
参考文献 .....	(238)

# 项目一

## 3 人表决器的设计与制作



(项目要求：设计并制作一个3人表决器)

### 任务一 数字逻辑认识

#### ● 技能目标

- [1] 能区分数字信号与模拟信号。
- [2] 能分辨数字电路与模拟电路。
- [3] 能进行二进制、十六进制与十进制的相互转换。
- [4] 能进行十进制与BCD码的转换。

#### ● 知识目标

- [1] 掌握模拟与数字信号。
- [2] 掌握模拟与数字电路。
- [3] 掌握二进制、十六进制、十进制及其相互转换。
- [4] 掌握二进制码。

#### ● 实践活动

##### 1. 实践活动内容

- (1) 观察及分辨各种信号。
- (2) 进行各种数制的相互转换。

##### 2. 实践活动任务描述

让学生举出现代日常生活中有哪些传递信号的方式？各有什么优、缺点？



### 3. 实践活动要求

(1) 分组讨论。学生按班级进行分组(10人/组)讨论现代日常生活中有哪些通信方式? 10 min后, 每小组选派一名代表发言, 谈现代通信方式的种类及其优、缺点?

(2) 观看录像。通过幻灯片播放一些现代通信的录像, 让学生对通信工具、通信方式有一个感性认识。

(3) 教师总结。教师通过学生的讨论和回答, 以及录像内容进行总结, 并通过示波器演示信号波形。

### 4. 实践仪器与元件

(1) 幻灯片。

(2) 示波器。

### 5. 活动提示

提示学生从网络、邮递、电话、传真、卫星电话、电报等方面进行讨论。

(1) 网络。网络作为快捷的通信方式, 越来越让人接受。像电子邮箱, 只要轻点鼠标, 几秒钟之内好友就会收到你发的邮件。又如像QQ、MSN这些聊天工具, 既被人接受, 同时也存在危险。因为以数字传递为基础, 造成这种传递方式漏洞百出, 越高新越容易造成信息崩溃, 即使常备份也抵不住数据外溢、黑客攻击, 同时因为其传递速度快捷也容易使错误的、不安全的信息快速传播。

(2) 邮递。以实物传递为基础, 虽然现在写信的人越来越少, 但越简单越真实, 越纯朴越真情, 信件是信息传递最简单、最纯朴的方式, 也不会因传递速度过快造成信息的溢漏; 快递是人类社会发展的需要, 主要原因是因为随着人类物质生活水平的提高服务需求面也越来越高, 但其发展受交通运输制约, 若无便利的交通运输怎么也快不起来。

(3) 电话。电话分固定电话、移动电话与网络电话, 其传递方式与网络方式的优、缺点基本相同, 与网络方式的不同之处在于电话不能直接传递文字图片, 与邮递方式的不同之处在于不能传递实物。

(4) 传真。传真是20多年发展最快的非话电信业务。将文字、图表、相片等记录在纸面上的静止图像, 通过扫描和光电变换, 变成电信号, 经各类信道传送到目的地, 在接收端通过一系列逆变换过程, 获得与发送原稿相似记录副本的通信方式, 称为传真。

传真的主要技术有扫描技术、记录技术、同步同相技术及传输技术。传真的通信过程包含扫描、光电变换、图像信号的传输、记录变换、收信扫描和同步同相。

传真是基于PSTN的电信信号通过设备中转传真信号。最近由于科技的迅速发展, 电子网络传真逐渐成为取代传真机的新一代通信工具。

(5) 卫星电话。基于卫星通信系统来传输信息的电话就是卫星电话。卫星电话是现代移动通信的产物, 其主要功能是填补现有通信(有线通信、无线通信)终端无法覆盖的区域, 为人们的工作提供更为健全的服务。现代通信中, 卫星通信是无法被其他通信方式所替



代, 现有常用通信所提供的所有通信功能, 均已在卫星通信中得到应用。

(6) 电报。电报, 就是用电信号传递的文字信息。在通信越来越快捷的今天, 电报的作用已经不是很大了, 也许有一天电报就会从人们的生活中消失。

电报是通信业务的一种, 是最早使用电进行通信的方法。它利用电流(有线)或电磁波(无线)作载体, 通过编码和相应的电处理技术实现人类远距离传输与交换信息的通信方式。

电报大大加快了消息的流通, 是工业社会的其中一项重要发明。早期的电报只能在陆地上通信, 后来使用了海底电缆, 开展了越洋服务。到了20世纪初, 开始使用无线电拍发电报, 电报业务基本上已能抵达地球上大部分地区。电报主要是用作传递文字信息, 使用电报技术用作传送图片称为传真。

### 知识链接 1: 模拟信号与数字信号

#### 1. 模拟信号

模拟信号指幅度的取值是连续的(幅值可由无限个数值表示), 时间也是连续的信号。如时间上连续的模拟信号, 连续变化的图像(电视、传真)信号等。模拟通信的优点是直观且容易实现, 但存在两个主要缺点。

(1) 保密性差。模拟通信, 尤其是微波通信和有线明线通信, 很容易被窃听。只要收到模拟信号, 就容易得到通信内容。

(2) 抗干扰能力弱。电信号在沿线路的传输过程中会受到外界的和通信系统内部的各种噪声干扰, 噪声和信号混合后难以分开, 从而使得通信质量下降。线路越长, 噪声的积累也就越多。

#### 2. 数字信号

数字信号指幅度的取值是离散的, 幅值表示被限制在有限个数值之内。二进制码就是一种数字信号。二进制码受噪声的影响小, 易于用数字电路进行处理, 所以得到了广泛的应用。

数字信号的优点如下:

(1) 加强了通信的保密性。语音信号经 A/D 变换后, 可以先进行加密处理, 再进行传输, 在接收端解密后再经 D/A 变换还原成模拟信号。

(2) 提高了抗干扰能力。数字信号在传输过程中会混入杂音, 可以利用电子电路构成的门限电压(称为阈值)去衡量输入的信号电压, 只有达到某一电压幅度, 电路才会有输出值, 并自动生成一整齐的脉冲(称为整形或再生)。较小杂音电压到达时, 由于它低于阈值而被过滤掉, 不会引起电路动作。

(3) 可构建综合数字通信网。采用时分交换后, 传输和交换统一起来, 可以形成一个综合数字通信网。



数字信号的缺点如下:

(1) 占用频带较宽。因为线路传输的是脉冲信号, 传送一路数字化语音信息需占 20 ~ 64 kHz 的带宽, 而一个模拟话路只占用 4 kHz 带宽, 即一路 PCM 信号占了几个模拟话路。对某一话路而言, 它的利用率降低了, 或者说它对线路的要求提高了。

(2) 技术要求复杂, 尤其是同步技术要求精度很高。接收方要能正确地理解发送方的意思, 就必须正确地把每个码元区分开来, 并且找到每个信息组的开始, 这就需要收、发双方严格实现同步, 如果组成一个数字网的话, 同步问题的解决将更加困难。

(3) 进行 A/D 变换时会带来量化误差。随着大规模集成电路的使用以及光纤等宽频带传输介质的普及, 对信息的存储和传输, 越来越多使用的是数字信号的方式, 因此必须对模拟信号进行 A/D 变换, 在转换中不可避免地会产生量化误差。

## 知识链接 2: 模拟电路与数字电路

模拟电路就是处理模拟信号的电子电路。

数字电路就是用数字信号完成对数字量进行算术运算和逻辑运算的电路, 或称为数字系统。由于它具有逻辑运算和逻辑处理功能, 所以又称为数字逻辑电路。

### 1. 数字逻辑电路分类 (按功能分)

(1) 组合逻辑电路。简称组合电路, 它由最基本的逻辑门电路组合而成。特点是: 输出值只与当时的输入值有关, 即输出唯一地由当时的输入值决定。电路没有记忆功能, 输出状态随着输入状态的变化而变化, 类似于电阻性电路, 如加法器、译码器、编码器、数据选择器等都属于此类。

(2) 时序逻辑电路。简称时序电路, 它是由最基本的逻辑门电路加上反馈逻辑回路 (输出到输入) 或器件组合而成的电路, 与组合电路最本质的区别在于时序电路具有记忆功能。时序电路的特点是: 输出不仅取决于当时的输入值, 而且还与电路过去的状态有关。它类似于含储能元件的电感或电容的电路, 如触发器、锁存器、计数器、移位寄存器、存储器等电路都是时序电路的典型器件。

### 2. 数字电路的特点

(1) 同时具有算术运算和逻辑运算功能。数字电路是以二进制逻辑代数为数学基础, 使用二进制数字信号, 既能进行算术运算又能方便地进行逻辑运算 (与、或、非、判断、比较、处理等), 因此极其适合于运算、比较、存储、传输、控制、决策等应用。

(2) 实现简单, 系统可靠。二进制作为基础的数字逻辑电路, 简单可靠, 准确性高。

(3) 集成度高, 功能实现容易。集成度高, 体积小, 功耗低是数字电路突出的优点之一。电路的设计、维修、维护灵活方便, 随着集成电路技术的高速发展, 数字逻辑电路的集成度越来越高, 集成电路块的功能随着小规模集成电路 (SSI)、中规模集成电路 (MSI)、大规模集成电路 (LSI)、超大规模集成电路 (VLSI) 的发展也从元件级、器件级、部件级、板



卡级上升到系统级。电路的设计组成只需采用一些标准的集成电路块单元连接而成。对于非标准的特殊电路还可以使用可程序逻辑阵列电路,通过编程的方法实现任意的逻辑功能。

### 3. 数字电路的应用

数字电路与数字电子技术广泛应用于电视、雷达、通信、电子计算机、自动控制、航天等科学技术各个领域。

## 知识链接 3: 数制及其相互转换

### 1. 十进制数

(1) 特点: 由 10 个不同的数字 (0~9) 组成, 逢十进位。

(2) 权的概念: 在数位上, 每个数位被赋予一定的位值。

例如: 在十进制数中, 个、十、百、千、……各位的权分别为  $10^0$ 、 $10^1$ 、 $10^2$ 、 $10^3$ 、……

(3) 权的展开式:  $(978.3)_{10} = 9 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1}$

公式:  $(a_n a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_0 a_{-1} \cdots a_{-m})_{10} = a_n \times 10^n + a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m}$

### 2. 二进制数

(1) 特点: 只有两个数字 0 和 1, 逢二进位。

(2) 二进制权的展开式:  $(10101)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

公式:  $(a_n a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_0 a_{-1} \cdots a_{-m})_2 = a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m}$

二进制不同于十进制的数, 不仅数码个数不同, 而且进位的规则也不同。十进制是“逢十进一”, 即  $9+1=10$ , 可以写为  $10=1 \times 10^1 + 0 \times 10^0$ , 其中 0 是  $10^0$  位数, 1 是  $10^1$  位数, 也就是十进制是以 10 为底数的计数体制。每个数码处于不同数位时, 它代表的数值是不同的, 如 7632 可以写为

$$7632 = 7 \times 10^3 + 6 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0$$

二进制是“逢二进一”, 即  $1+1=10$  (读为“壹零”, 不是十进制的“拾”), 其中 0 是  $2^0$  位数, 1 是  $2^1$  位数, 因此可以写为  $10=1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ , 也就是二进制是以 2 为底数的计数体制。例如

$$(100110)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (38)_{10}$$

这样, 就可以将任何一个二进制数转换为十进制数。

反过来, 如何将一个十进制数转换为二进制数呢? 由上式可见,

$$(38)_{10} = d_5 \times 2^5 + d_4 \times 2^4 + d_3 \times 2^3 + d_2 \times 2^2 + d_1 \times 2^1 + d_0 \times 2^0 = (d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0)_2$$

式中  $d_5$ 、 $d_4$ 、 $d_3$ 、 $d_2$ 、 $d_1$ 、 $d_0$  分别为相应位的二进制数码 1 或 0。它们可用下法求得。38 用 2 去除, 得到的余数就是  $d_0$ ; 其商再连续用 2 去除, 得到余数  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$ 、 $d_5$ , 直到最后的商等于 0 为止, 即“除以 2 取余, 逆序排列”。





$$2 \text{ L } 38 \cdots \cdots \text{余 } 0 \ (d_0)$$

$$2 \text{ L } 19 \cdots \cdots \text{余 } 1 \ (d_1)$$

$$2 \text{ L } 9 \cdots \cdots \text{余 } 1 \ (d_2)$$

$$2 \text{ L } 4 \cdots \cdots \text{余 } 0 \ (d_3)$$

$$2 \text{ L } 2 \cdots \cdots \text{余 } 0 \ (d_4)$$

$$2 \text{ L } 1 \cdots \cdots \text{余 } 1 \ (d_5)$$

0

所以

$$(38)_{10} = (d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0)_2 = (100110)_2$$

可见，同一个数可以用二进制和十进制两种不同形式表示。

### 3. 二进制数与十进制数的相互转换

(1) 十进制整数转二进制数：“除以2取余，逆序排列”。

**例 1-1**  $(89)_{10} = (1011001)_2$ 。

$$2 \text{ L } 89$$

$$2 \text{ L } 44 \cdots \cdots 1$$

$$2 \text{ L } 22 \cdots \cdots 0$$

$$2 \text{ L } 11 \cdots \cdots 0$$

$$2 \text{ L } 5 \cdots \cdots 1$$

$$2 \text{ L } 2 \cdots \cdots 1$$

$$2 \text{ L } 1 \cdots \cdots 0$$

$$0 \cdots \cdots 1$$

(2) 十进制小数转二进制数：“乘以2取整，顺序排列”。

**例 1-2**  $(0.625)_{10} = (0.101)_2$ 。

$$0.625 \times 2 = 1.25 \text{ (取 } 1)$$

$$1.25 \times 2 = 0.5 \text{ (取 } 0)$$

$$0.5 \times 2 = 1 \text{ (取 } 1)$$

(3) 二进制数转十进制数。

按公式： $(a_n a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_0 a_{-1} \cdots a_{-m})_2 = a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m}$

展开，并求和，即为十进制数。

### 4. 八进制数

(1) 特点：有8个不同的数字(0~7)，逢8进位，一个八进制数相当于3位二进制数。

(2) 与二进制数的转换

二进制数转八进制数：3位变1位。